Aus der Kgl. Medizinischen Klinik der Universität Halle
(Direktor: Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Adolf Schmidt).

1911

STANFORD UNIVERSITY LIBRARY
DEC
28
1911

Experimentelle Untersuchungen über die Verdauung der Zellulose beim Kaninchen

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der Medizin und Chirurgie

welche mit Genehmigung der hohen medizinischen Fakultät

der

Vereinigten Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg

Sonnabend, den 21. Januar 1911, nachmittags 4 Uhr

öffentlich vortragen wird

Haim Altkaufer
aus Warschau.

Halle a. S.
Buchdruckerei Hohmann
1911.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der Universität Halle.

Referent: Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Ad. Schmidt.

C. Fraenkel.
z. Z. Dekan.

Meinen lieben Eltern

in Dankbarkeit gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153712_0080

Der Vorgang der Zelluloseverdauung war vielfach Gegenstand eingehender Forschung.

Auf die Möglichkeit der bakteriellen Zersetzung der Zellulose haben zuerst Popow[1]) und Zuntz[2]) hingewiesen. Später stellte Tappeiner[3]) fest, daß die Zellulose im Darmkanale der großen Pflanzenfresser durch Sumpfgasgärung und Wasserstoffgärung zersetzt wird. Omelianski[4]) war der erste, der die Gärung der Zellulose an rein gezüchteten Bakterien studierte. Er fand, daß seine Kulturen die Zellulose innerhalb der Nährlösungen durch Sumpfgasgärung und Wasserstoffgärung zersetzen und daß diese Gärungen durch 15 Minuten währendes Erhitzen der Nährlösungen auf 75° voneinander getrennt werden können: erhitzte Gemische unterliegen der Wasserstoffgärung unter Bildung von Wasserstoff, Kohlensäure, Essigsäure, Isobuttersäure und Spuren von Valeriansäure, während in unerhitzten Gemischen eine Sumpfgasgärung eintritt, wobei neben Metan und Kohlensäure noch Essigsäure und Buttersäure im Verhältnis von 9:1 entstehen.

---

[1]) Popow. Pflüger's Archiv. X, S. 113. (1875).

[2]) Zuntz. Landw. Jahrb. VIII, S. 65 (1879).

[3]) Tappeiner. Zeitschr. f. Biologie. Bd. 20, S. 52 (1884) und Bd. 24, S. 105 (1888).

[4]) Omelianski. Bull. de la Soc. biol. de St. Petersbourg. VII, 411 (1899).

Als Erreger dieser Gärungen kommt nach van Senus [1]) der Baz. amylobacter in Gemeinschaft mit einem kleinen aus dem Darminhalt des Kaninchens gewonnenen Bazillus in Betracht. Van Iterson [2]) fand einen Erreger der Zellulosegärung (Baz. ferrugineus) in Erde, Wasser und Schlamm.

Neuerdings haben v. Hösslin und Lesser [3]) festgestellt, daß das Verschwinden der Zellulose im Kolat des Inhaltes des Pferdeblinddarmes auf einer durch Mikroorganismen bewirkten Gärung beruht, weil beim Zusatz von Zucker*) zum Gärversuch die Zellulosezersetzung völlig aufgehoben werden konnte, weil ferner bei der Gärung der Zellulose die für diesen Vorgang charakteristischen Gase (CH_4 und H) gefunden wurden und endlich, weil es ihnen gelungen ist in einer Reihe von Versuchen durch Ueberimpfung auf sterilisiertes Kolat eine Zersetzung der Zellulose zu erhalten.

Auf Grund seiner zahlreichen Untersuchungen über die Zelluloseverdauung kommt Ellenberger [4]) zu dem Schluß, daß beim Abbau der Zellulose Bakterien zwar eine wichtige Rolle spielen, daß aber möglicherweise ein Teil der Zellulose unter der direkten Mitwirkung des Darmepithels in eine resorbirbare und assimilierbare Form übergeführt wird.

---

*) Bekanntlich ziehen zahlreiche Bakterien, insbesondere Anaerobier, den Zucker als Energiequelle allem anderen Material vor. Durch Zuckerzusatz gelang es nun v. Hoesslin und Lesser bei nicht zu langer Versuchsdauer die Zellulose vor dem Angriff durch Bakterien zu schützen.

[1]) van Senus. Bijdrage tot de Kennis der Zellulosegisting. Leiden 1890, zit. nach Koch's Jahrbücher 1890, S. 130.

[2]) van Iterson. Zit. nach Zentralbl. f. Bakt. 1904, S. 609.

[3]) v. Hoesslin und Lesser. Zeitschr. f. Biologie. Bd. 54, S 53. Sonderabdruck.

[4]) W. Ellenberger. Arch. f. (Anat. und) Physiol. 1906, S. 139, zit. nach Abderhalden, Lehrb. der physiol. Chemie, 2. Aufl. 1909, S. 76.

Scheunert[1]) fand, daß die Zökalflüssigkeiten von Pferd und Kaninchen eine zelluloselösende Wirkung zwar auszuüben vermögen, daß letztere Eigenschaft aber durch Filtration der Flüssigkeiten durch Bakterienfilter oder feinstes Filtrierpapier ganz erheblich beeinträchtigt wird. Scheunert stellte sich diesen Vorgang so vor, daß die im Zökum vorhandenen Mikroorganismen hauptsächlich die Lösung der Zellulose bewirken und daß die Zökalflüssigkeit in ihrer zelluloselösenden Wirkung erheblich geschwächt wird, wenn diese Mikroorganismen durch Filtration aus ihr entfernt werden. Dieselbe Beobachtung machte schon früher Holdefleiß[2]); er erklärte aber die Abnahme der Fähigkeit Zellulose zu lösen durch die mit dem Filtrieren verbundene zu lange Berührung der Zökalflüssigkeiten mit der atmosphärischen Luft und die dadurch verursachte allmähliche Zerstörung der in der Zökalflüssigkeit enthaltenen Enzyme. Gegen diese Deutung der genannten Erscheinung seitens Holdefleiß läßt sich anwenden: erstens, daß bis jetzt weder aus der Zökalflüssigkeit, noch aus den Extrakten der Zökalschleimhaut ein cytohydrolytisches Enzym gewonnen werden konnte und weil die gekochte Zökalflüssigkeit Zellulose nicht mehr zu lösen vermochte (Ellenberger) und zweitens, daß die bekannten hydrol. Enzyme gegen Luft und Sauerstoff völlig unempfindlich sind, dagegen sind anaerobe Bakterien gegen den hohen Sauerstoff-Partialdruck der Luft in mehr oder weniger hohem Grade empfindlich. Lohrisch[3]) konnte nun die Angaben Holdefleiß' bestätigen, indem er

[1]) Scheunert. Zeitschr. f. physiol. Chemie. Bd. 48, S. 16 (1906).

[2]) Holdefleiß. Berichte des Landwirtschaftl. Institutes der Universität Halle 1895, Heft 12.

[3]) H. Lohrisch. Zentralblatt f. die gesamte Physiol. und Pathol. des Stoffwechsels. Neue Folge, Nr. 21 (1907). Sonderabdruck.

beobachtete, daß die Zelluloselösung im unkolierten Zökalinhalt des Pferdes umsomehr abnimmt, je länger die Flüssigkeit bei Zimmertemperatur stand, trotzdem reichliches Bakterienwachstum nachzuweisen war; ebenso fand er, daß im Eisschrank, wo die Lebensbedingungen für die Bakterien schlecht sind, die Bedingungen für die Erhaltung der enzymatischen Wirksamkeit aber gute sind, die Zelluloselösung durch längeres Stehen kaum vermindert wird. Die Beobachtungen von Lohrisch sprechen dafür, daß zum mindesten es nicht ausschließlich Bakterien sind, welche Zellulose lösen, sondern daß beim Vorgang der Zelluloseverdauung auch Enzyme tätig sind, welche beim längeren Stehen an der Luft an Wirksamkeit einbüßen. Auch die klinischen Erfahrungen der Ad. Schmidt'schen Klinik können gegen die Annahme einer ausschließlichen bakteriellen Zersetzung der Zellulose angeführt werden.

So fanden Professor Ad. Schmidt[1]) und Lohrisch, daß beim Diabetiker eine Vergrößerung der Zellulosemenge in der Kost keine Steigerung der Azetonbildung zur Folge hat, was wahrscheinlich der Fall gewesen wäre, wenn die ganze Zellulosemenge durch Gärung in Fettsäuren übergeführt würde. Dieser Befund spricht dafür, daß die Zellulose nicht ausschließlich vergoren wird. Ferner hat Lohrisch[2]) den Zellulosegehalt der Fäzes von gesunden und kranken Personen untersucht, denen er die Ad. Schmidt-Strasburgersche Probediät verabreichte. Diese Kost enthält folgende zellulosehaltigen Bestandteile: Kartoffelbrei, Weißbrot und Haferschleim, deren Zellulosemenge pro die 0,8916 g beträgt. Die Versuche

---

[1]) Ad. Schmidt und H. Lohrisch. Deutsche medizin. Wochenschrift 1907, Nr. 47.

[2]) H. Lohrisch. Zeitschrift f. experim. Pathol. und Ther. 1908, Bd. 5, s. A.

dauerten je 3 Tage und wurden an einer großen Anzahl verschiedener Versuchspersonen durchgeführt. Als Durchschnittswerte der Zelluloseausnutzung wurde von Lohrich festgestellt:

bei normaler Verdauung	57,9 %
„ chronischer habitueller Obstipation . .	81,4 „
„ Gärungsdyspepsie	37,8 „
„ gastrogener Diarrhöe (Achylia gastrica)	29,5 „
„ Fettstuhl (Ikterus)	27,8 „
„ Fettstuhl (Pankreaserkrankung) . .	20,9 „

Lohrisch stellte auch fest, daß der gesunde Mensch fähig ist die Zellulose verschiedener Nahrungsmittel zu verwerten. So wurden, wenn an Stelle des Kartoffelbreies der Probediät eine entsprechende Portion des Gemüses gegeben wurde: von Weißkraut — 100 %, Möhren — 95,4 %, Spinat — 90,5 %, Kohlrabi — 79,1 %, Linsen — 45 % der mehr zugeführten Zellulose ausgenutzt.

Da die Lohrisch'schen Versuche mit einer Nahrung angestellt wurden, welche nur aufgeschlossene (zerkleinerte, gebackene, gekochte) Vegetabilien enthält, verabreichte Möller[1]) auf Veranlassung von Geheimrat Ad. Schmidt einer Reihe von gesunden und kranken Personen die Probediät, zu der er an bestimmten Tagen ein nicht zu kleines Quantum roher Mohrrüben hinzulegte. Die Fäzes wurden auf ihren Zellulosegehalt untersucht, wobei der Kot nach der Probediät nach derselben Richtung analysiert wurde.

---

[1]) Friedrich Moeller. Internat. Beitr. z. Pathol. und Ther. der Ernährungsstörungen, Bd. 1, Heft 3, S. 15.

Möller erhielt folgende Werte der Ausnutzung:

	Probediät	Probediät mit Zulage von 750 g rohen Mohrrüben.
bei normaler Verdauung	61,5 %	75,2 %
„ künstlicher Obstipation (nach Opium)	80,5 „	81,7 „
„ chronischer habitueller Obstipation	86,6 „	92,0 „
„ Gärungsdyspepsie	50,4 „	51,1 „
„ Ikterus mit Fettstuhl	30,8 „	33,2 „
„ chronischem Darmkatarrh mit Gärung	33,8 „	35,1 „

Das Gesamtergebnis der Moeller'schen Versuche ist eine volle Bestätigung der von Lohrisch erhobenen Befunde.

Die Versuche von Lohrisch und Moeller lehren, daß bei der chronischen habituellen Obstipation, bei der der Bakteriengehalt der Fäzes sehr gering ist, die Ausnutzung der Zellulose 81,4, resp. 86,6 und 92 % beträgt, während bei Gärungsdyspepsien, wo eine gesteigerte Kohlehydratgärung stattfindet, die Ausnutzung der Zellulose 37,8, resp. 50,4 und 51,1 % beträgt, also bedeutend vermindert ist.

Soweit die Verdauung der Zellulose beim Pflanzenfresser und Menschen.

Wie steht es nun mit der Zelluloseverdauung beim reinen Fleischfresser?

Der Darmkanal der Karnivoren unterscheidet sich von demjenigen der Herbivoren mehr durch seine Dimensionen, wie Weite und Länge, als durch den feineren Bau der Darmwand selbst; insbesondere ist eine markante Verschiedenheit im Bau der sezernierenden Organe nicht beobachtet worden (Tappeiner[1]). Und Lohrisch meint mit Recht, daß man eine Zelluloseverdauung beim Hunde a priori nicht aus-

[1]) Tappeiner. Zeitschr. f. Biologie. 1885, Bd. 21.

schließen kann, da der Darmkanal des Hundes in vieler Hinsicht demjenigen des Menschen, der Zellulose verdaut, sehr ähnelt. Diese Annahme ist um so mehr berechtigt, wenn man beachtet, daß z. B. die Konstantinopeler Straßenhunde nur von zellulosereichen Abfällen pflanzlicher Nahrung (Schalen von Melonen, Trauben etc.) leben.

Nach Lohrisch sind die Versuche von Knieriem nicht beweisend, denn letzterer verfütterte u. a. Watte und Leinwand, Stoffe, von denen auch der Pflanzenfresser kaum nennenswerte Mengen verdauen dürfte. Knieriem[1]) fand nun, daß während die Ausnützung der Zellulose verschiedener Herkunft beim Kaninchen durchschnittlich etwa 41 % beträgt, beträgt dieselbe beim Hunde 0.

Lohrisch fand dagegen bei seinen zwei Hunden, die er mit der Lohrisch-Simon'schen[2]) Methode dargestellten Reinzellulose fütterte, daß von der verfütterten Reinzellulose innerhalb des Darmkanales des I. Hundes 31,1, resp. 36,45 % und des II. 5,4 % Zellulose verschwunden war.

Dadurch glaubte Lohrisch den Beweis geliefert zu haben, daß der Hund entgegen der allgemein gültigen Ansicht imstande ist Zellulose zu verdauen, wenn auch wahrscheinlich in geringerem Grade, als Mensch und Pflanzenfresser.

Bei der Nachprüfung dieser Versuche durch Scheunert und Lötsch[3]) stellte sich heraus, daß der Hund doch nicht imstande ist Zellulose zu verdauen. Nach Ansicht dieser

---

[1]) Knieriem. Ztschr. f. Biol., 1885, Bd. 21, S. 67 ff., zit. nach Ad. Schmidt und Strasburger „Die Fäzes d. Menschen" 1910, S. 212.

[2]) Lohrisch und Simon. Zeitschr. f. physiol. Chemie. 1904, Bd. 42, S. 55.

[3]) Scheunert und Lötsch. Biochem. Zeitschr. Bd. 20 (1909), Heft 1 u. 2 und Berl. tierärztl. Wochenschr. 1909, Nr. 47.

Autoren ist das Verfahren von Lohrisch, nach welchem letzterer die Reinzellulose (Lohrisch-Simon) verfütterte und nachher mit Hilfe derselben Methode die in den Fäzes der Versuchstiere vorgefundene Zellulose wieder bestimmte, falsch. Scheunert und Lötsch gelang es nun zu beweisen, daß die nach Lohrisch-Simon dargestellte Zellulose bei nochmaliger Behandlung mit der gleichen Methode Substanzverluste bis zu 30 % erleide, daß also bei der zweiten Behandlung die im Kote schon einmal demselben Verfahren unterworfene und dann verfütterte Reinzellulose so angegriffen wurde, daß ein Zelluloseverlust eingetreten ist.

Auch v. Hoesslin[1]) hat festgestellt, daß der Hund die verfütterte Zellulose, soweit sie wenigstens durch das Lohrisch-Simon'sche Verfahren nicht zerstört wird, nicht auszunützen vermag, auch dann nicht, wenn man nach wochenlanger Fütterung vielleicht eine Anpassung hätte erwarten können.

Ganz neuerdings erschien eine Arbeit von Lohrisch[2]), wo er den Befund von Scheunert und Lötsch bestätigt und kommt auf Grund eines neuen Versuches am Hunde zu dem Schluß, daß dieses Tier doch keine Zellulose zu verdauen vermag.

Da die bisherigen Untersuchungen über die Verdauung der Zellulose fast ausschließlich auf chemischem und zum Teil auf bakteriologischem Wege vorgenommen wurden, unterzog ich mich gern auf Anregung von Herrn Geheimrat Ad. Schmidt

---

[1]) v. Hoeßlin. Zeitschr. f. Biologie, Bd. 54, 2. Mitteilung, s. A.

[2]) Lohrisch. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 69, S 143 (1910).

der Aufgabe, die Verdauung der Zellulose mittels des Mikroskops zu studieren.

Als Versuchsmaterial benutzte ich die nach dem Verfahren von Geheimrat Ad. Schmidt[1]) hergestellten isolierten Kartoffelzellen.

Die isolierten Kartoffelzellen werden folgendermaßen hergestellt: Man bringt geschälte und in Würfel zerkleinerte rohe Kartoffel in den Brütofen, zuerst für 24 Stunden in $^1/_{10}$ normaler Salzsäure, darauf wiederum für 24 Stunden in eine mit etwas Chloroform versetzte 1 %ige Sodalösung; die Sodalösung wird dann abgegossen und durch Wasser ersetzt; darauf wird die ganze Masse durch ein feines Haarsieb durchgepreßt; die durchsiebte Masse läßt man im Wasser zu Boden sinken, das Wasser wird dann abgegossen, durch Alkohol und dann durch Aether ersetzt, dabei tüchtig geschwenkt und filtriert; darauf wird der erhaltene Brei auf flache Teller ausgebreitet, wo er bis zum Trockenwerden liegen bleibt.

Das nach diesem Verfahren hergestellte Produkt enthielt neben den isolierten Kartoffelzellen etwa $^1/_3$ loser Stärkekörner.

Zunächst stellte ich bei mir selber fest, daß trotz eines guten Verdauungsvermögens, dessen ich mich erfreue, ich nur eine ganz beschränkte Menge der isolierten Kartoffelzellen zu verdauen vermöge, denn ein großer Teil derselben verläßt den Darm im unlädierten Zustande.

Fofanow[2]) hat während seiner interessanten Versuche über die Verdauung roher Stärke verschiedener Herkunft festgestellt, daß bei Hyperacidität die isolierten Kartoffelzellen bedeutend besser verdaut werden, als bei Anacidität.

Ich gehe nunmehr über die Ergebnisse meiner Versuche, die ich über die Verdauung der isolierten Kartoffelzellen beim Kaninchen angestellt habe, mitzuteilen.

---

[1]) Ad. Schmidt. Münch. medizin. Wochenschr. 1910.
[2]) Leo Fofanow. Zeitschr. f. klin. Medizin. 1911.

Vorerst wollte ich mich überzeugen, ob das Kaninchen die isolierten Kartoffelzellen, d. h. die Zellwände und die in den Zellen befindlichen Stärkekörner zu verdauen vermag.

Zu diesem Zwecke stellte ich folgende 2 Versuche an.

Versuch I.

Hasenkaninchen von 2500 g Gewicht.

Versuchsanordnung. Zu dem Futter, das aus angefeuchtetem Hafer bestand, wurde 30,0 g der Kartoffelzellen und 1,0 g Karmin hinzugefügt und zusammen verrieben. Das Kaninchen befand sich während der ganzen Versuchsdauer in einem besonderen Käfig. Der Kot, der durch Karmin rot gefärbt war, wurde gesammelt, in einer Schale mit aq. dest. zu einem Brei verrieben und dann mikroskopisch untersucht.

Ergebnis: Es wurden große Mengen von Stärkekörnern, aber keine isolierten Zellen gefunden.

II. Versuch.

Belgisches Riesenkaninchen, 2400 g.

Versuchsanordnung: Es wurde dem Tiere 10 g der isolierten Zellen, die in Leitungswasser aufgeschwemmt und durch Karmin rot gefärbt waren, per Schlundsonde dargereicht.

Ferner wurde dem Futter etwa 10,0 g der Kartoffelzellen zugefügt. Der rot gefärbte Stuhl wurde gesammelt und dann mikroskopisch untersucht.

Ergebnis: wie im Versuch I.

Da es durch diese Versuche für mich feststand, daß das Kaninchen die Kartoffelzellulose gut ausnutzen kann, wollte ich ferner feststellen, welcher Abschnitt des Darmes des Kaninchens Zellulose verdaut. Zu diesem Zwecke habe ich die im Folgenden zu schildernden Versuche angestellt.

III. Versuch.*)

Kaninchen, 2250 g.

Versuchsanordnung: In eine zu beiden Seiten abgebundene etwa 10—12 cm lange Blinddarmschlinge wurden 0,5 g Kartoffelzellen, die in physiologischer Kochsalzlösung aufgeschwemmt waren, injiziert.

Tötung des Tieres: 7 Stunden nach der Injektion.

Sektionsergebnis: In der abgebundenen Darmschlinge wurde etwa die Hälfte der injizierten Menge von Kartoffelzellen wiedergefunden.

Versuch IV.

Kaninchen, 2750 g.

Versuchsanordnung: In zwei nebeneinander gelegene und abgebundene Blinddarmschlingen wurde je 0,5 g Kartoffelzellen, die in aq. dest. aufgeschwemmt waren, injiziert.

Tötung: $24^1/_2$ Stunden nach der Injektion.

Sektionsergebnis: Isolierte Kartoffelzellen in äußerst geringer Menge, während Stärkekörner in großen Massen wiedergefunden wurden.

Versuch V.

Kaninchen, 1570 g.

Versuchsanordnung: Es wurde in eine abgebundene Blinddarmschlinge die Kartoffelzellenaufschwemmung in aq. dest. injiziert.

Tötung: $49^1/_4$ Stunden nach der Injektion.

---

*) Bei den Versuchen III—X und XVII—XVIII wurde die Abdominalhöhle unter strengster Asepsis eröffnet und geschlossen. Um eine gute Blutzufuhr zu den abgebundenen Darmabschnitten zu gestalten, wurden die Abbindungen stets zwischen je 2 Blutgefäßen vorgenommen.

Sektionsergebnis: Nach langem und ausgiebigem Suchen wurden kaum einige, aber mit stark verdickten Hüllen versehene isolierte Kartoffelzellen wiedergefunden.

Versuch VI.

Kaninchen, 2000 g.

Versuchsanordnung: In je eine abgebundene Dünndarm-, Blinddarm- und Dickdarmschlinge (letztere in unmittelbarer Nähe des Blinddarmes) wurden je 0,5 g Kartoffelzellen, welche in aq. dest. aufgeschwemmt waren, injiziert.

Tötung: 49 Stunden nach der Injektion.

Sektion: In der Dünndarmschlinge wurden die isolierten Kartoffelzellen in ungemindertem und unverändertem Zustande wiedergefunden, ebenso große Mengen von Stärkekörnern. — Diese Dünndarmschlinge ist vor dem Versuche leer gewesen.

In der Blinddarmschlinge, sowie in der Dickdarmschlinge wurden keine Kartoffelzellen, wohl aber viele Stärkekörner gefunden.

Versuch VII.

Kaninchen, 2000 g.

Versuchsanordnung: Es wurde eine etwa 2 cm oberhalb der Bauhinischen Klappe gelegene und 15 cm lange Ileumschlinge abgebunden und wurde in dieselbe 0,3 g Kartoffelzellen, welche in aq. dest. aufgeschwemmt waren, injiziert.

Tötung: 50 Stunden nach der Injektion.

Sektion: Große Massen von Kartoffelzellen und Stärkekörnern wurden in der abgebundenen und reichlich Chymus enthaltenden Schlinge des unteren Ileum wiedergefunden.

Versuch VIII.

Kaninchen, 1700 g.

Versuchsanordnung: Nachdem das Tier seine gewöhnliche Haferration, zu der etwa 3,0 g Kartoffelzellen beigemengt waren, verzehrt hat, wurde an demselben folgendes gemacht:

Es wurde das Ileum etwa 10 cm oberhalb der Bauhini'schen Klappe abgebunden, um den Ingestis die Passage nach dem Zökum unmöglich zu machen.

Ferner wurde in zwei nebeneinandergelegene und abgebundene Blinddarmschlingen je 0,5 g Kartoffelzellen, die in aq. dest. aufgeschwemmt waren, injiziert.

Tötung: 84 Stunden nach den Injektionen.

Sektion: Im Magen, sowie in den verschiedenen Abschnitten des Dünndarmes wurden die Kartoffelzellen und die Stärkekörner massenhaft wiedergefunden, während in den beiden abgebundenen Blinddarmschlingen nur einige wenige Kartoffelzellen und große Mengen von Stärkekörnern gefunden wurden. — Was nun die Verdauung von Zellulose im distalen Kolonabschnitte betrifft, so habe ich von Versuchen in dieser Richtung vorläufig abgesehen. Das Aussehen und die Beschaffenheit des Inhaltes in diesem Darmabschnitte sprechen von vornherein dafür, daß hier wahrscheinlich keine Verdauungsvorgänge mehr ablaufen können.

Aus den vorstehenden Versuchen ergibt sich, daß der Blinddarm und der proximale Teil des Dickdarmes diejenigen Abschnitte des Verdauungskanales des Kaninchens sind, welche das Vermögen besitzen Zellulose zu verdauen. Auf anderem Wege, nämlich durch Exstirpation des Zökums beim Kaninchen,

konnten Zuntz und Ustjanzew[1]) feststellen, daß der Verdauungsquotient für Rohfaser von 26,0 auf 14,6 % sank, während die übrigen Nährstoffe mit geringen Schwankungen gleich gut vor und nach der Exstirpation ausgenutzt wurden. Auch Ellenberger[2]) bestritt die früher häufig anzutreffende Ansicht, daß das Zökum lediglich ein Resorptionsorgan sei, denn in einem solchen würden doch die Ingesta nicht tagelang stagnieren und einen konstanten Wassergehalt von 90 % und mehr aufweisen.

Was bewirkt nun die Verdauung der Zellulose innerhalb des Zökums und des proximalen Kolonabschnittes? Besitzt vielleicht die Zökalwand diese Eigenschaft? Oder sind es die Darmbakterien, mit denen das Zökum so reich ausgestattet ist, oder die im Blinddarme befindlichen aus dem Dünndarme stammenden Fermente.

Diese Fragen näher zu erörtern war der Zweck folgender Versuche.

Versuch IX.

Kaninchen, 2130 g.

Versuchsanordnung: Zwei nebeneinander gelegene und gleich lange Blinddarmschlingen wurden einzeln abgebunden. Die nach dem Processus vermiformis hin gelegene Schlinge wurde durch zwei in ihrer Wand gemachte Inzisionen mit Hilfe eines Heberapparates mittels erwärmter physiologischer Kochsalzlösung gründlich ausgespült, worauf die Spalten wieder sorgfältig vernäht wurden. Die zweite Schlinge, welche mehr nach der Bauhini'schen Klappe hin gelegen war, wurde

---

[1]) Zuntz und Ustjanzen. Arch. (f. Anat. und) Physiol., 1905, S. 403.

[2]) Ellenberger. Arch. f wissenschaftl. u. prakt. Tierheilkunde. V, S. 399 (1879).

ohne Veränderung belassen. Sodann erfolgte in jede Schlinge eine Injektion von 0,5 g Kartoffelzellen, welche in aq. dest. aufgeschwemmt waren.

Tötung: 24 Stunden nach der Einspritzung.

Sektion: In der ausgewaschenen Blinddarmschlinge wurden einzelne verschieden große Bröckel, aus unverändert gebliebenen isolierten Kartoffelzellen und Stärkekörnern bestehend, wiedergefunden. Die Schleimhaut dieser Schlinge zeigte nichts Abnormes. In der zweiten Zökalschlinge wurden außer sehr wenigen lädierten keine isolierten (unlädierten) Kartoffelzellen wiedergefunden. — Aus diesem Versuche ist es ersichtlich, daß die normale Darmwand ohne Beteiligung des Inhaltes nicht imstande ist Zellulose zu verdauen.

Der folgende Versuch soll zeigen, daß tatsächlich die innerhalb des Darmes wirkenden Faktoren bei der Verdauung der Zellulose eine Rolle spielen.

Versuch X.

Kaninchen, 2000 g.

Versuchsanordnung: Es wurde eine Blinddarmschlinge abgebunden, sowie alle derselben zugehörigen und angrenzenden Blutgefäße unterbunden. Alsdann wurde die Kartoffelzellenaufschwemmung (0,5 g in aq. dest.) in die abgebundene Schlinge injiziert.

28 Stunden nach der Einspritzung ging das Tier ein.

Sektion: Die Wand der abgebundenen Zökalschlinge war gangränös. In dieser Schlinge wurden keine isolierten Kartoffelzellen, wohl aber große Massen von Stärkekörnern wiedergefunden.

Aus diesem Versuche sehen wir, daß der Darminhalt imstande ist bei gleichzeitiger Läsion der Darmwand Zellulose zu verdauen.

Wir nähern uns nunmehr zu der eingangs erörterten Frage: sind es die Darmbakterien oder die Enzyme, die Zellulose verdauen können?

Im Folgenden sollen die diesbezüglichen Versuche mitgeteilt werden.

Versuch XI.

Kaninchen, 2300 g.

Versuchsanordnung: Der Inhalt eines großen Teiles des Blinddarmes wurde in eine Schale entleert und nach Verreiben mit 1,5 g Kartoffelzellen auf mehrere sterile Röhrchen verteilt. Zwei Röhrchen erhielten außerdem eine 1 %ige Thymollösung. Sodann wurden sämtliche Röhrchen in den Brütofen (bei 38° C.) gebracht.

Ergebnis: 9 Tage lang befanden sich die Reagenzröhrchen im Brütofen. Während dieses Zeitraumes konnten in allen Röhrchen große Mengen von Kartoffelzellen sowie Stärkekörnern nachgewiesen werden.

Versuch XII.

Kaninchen, 1750 g.

Versuchsanordnung: Der Blinddarm wurde aus der Kontinuität des Darmes herausgeschnitten, sein Inhalt in eine Schale gebracht und mit 2 g Kartoffelzellen gleichmäßig verrieben. Sodann wurde der ganze Brei auf eine Anzahl steriler Röhrchen verteilt. Ferner fügte ich einem Röhrchen etwas Tymol (in Substanz), einem zweiten 2 ccm Chloroform und einem dritten ebensoviel Toluol. Die übrigen Röhrchen wurden zu Kontrollzwecken ohne Veränderung belassen. Sämtliche Röhrchen wurden darauf in den Brütofen gebracht.

Ergebnis: Während der 12 Tage, die die Reagenzröhrchen im Brütschrank verbracht haben, konnten in allen noch große Mengen von isolierten Kartoffelzellen und Stärkekörnern festgestellt werden.

Um dem event. Einwand entgegenzutreten, daß beim Verreiben in einer Schale der Darminhalt an Wirksamkeit eingebüßt hat, habe ich noch folgenden Versuch angestellt.

Versuch XIII.

Kaninchen, 2000 g.

Versuchsanordnung: Es wurde eine große Blinddarmschlinge direkt in einen verschließbaren sterilen Glasbehälter entleert, der entleerten Masse 0,5 g Kartoffelzellen zugefügt und nach Durchmischung mittels sterilen Glasstabes wurde das Glas in den Brütofen gebracht.

Ergebnis: Nach 10 Tage langem Verweilen im Brütofen konnten noch große Mengen von isolierten Kartoffelzellen und Stärkekörnern nachgewiesen werden.

Aus den Versuchen XI, XII und XIII geht hervor, daß der Darminhalt, in den Brütschrank gebracht, also unter Verhältnissen, die für das Gedeihen der Bakterien sehr günstig sind, nicht imstande ist Zellulose zu verdauen, in einer Menge, die er innerhalb des normalen Zökums verdauen kann. Der folgende Versuch zeigt u. a., daß der Darminhalt auch ganz geringe Mengen von Zellulose bei Brutwärme nicht zu verdauen vermag.

Versuch XIV.

Kaninchen, 2500 g.

Versuchsanordnung: Es wurde dem Blinddarm eine große Menge Inhalt entnommen und direkt auf mehrere sterile Röhrchen verteilt. Einem jeden Röhrchen wurde etwa 0,1 g

Kartoffelzellen zugefügt. Davon kamen einige Röhrchen in den Brütschrank und ebensoviele in den Eisschrank. Unter den Röhrchen, die in den Brütofen, sowie in den Eisschrank kamen, befand sich je eines, dem Chloroform (1—2 ccm) zugefügt wurde.

Ergebnis: In sämtlichen Röhrchen wurden noch nach 14 Tagen viele isolierte Kartoffelzellen und Stärkekörner wiedergefunden. Also auch im Eisschrank, wo die Bakterien nicht gedeihen können, dagegen die Enzyme lange erhalten bleiben, fand keine Verdauung statt.

Aus den Versuchen X bis XIV geht hervor, daß kein einziger der hier in Frage kommenden Faktoren (Darmwand, Bakterien und Enzyme), für sich allein belassen, imstande ist Zellulose zu verdauen.

Die folgenden Versuche sollen aber auch zeigen, daß trotz des Zusammenwirkens der drei genannten Faktoren ebenfalls keine Verdauung von Zellulose stattfinden kann, wenn der Versuch außerhalb des Körpers, aber unter Verhältnissen, die den im Körper herrschenden gleichartig sind, angestellt wird.

Versuch XV.

Kaninchen, 1700 g.

Versuchsanordnung: Eine Blinddarmschlinge wurde abgebunden, aus der Kontinuität des Darmes herausgeschnitten und nach Injektion von 0,5 g Kartoffelzellen, welche in aq dest. aufgeschwemmt waren, in einem mit vorher auf 37° C. erwärmter Ringer'scher Lösung gefüllten Becherglas in den Brütofen gebracht.

Ergebnis: Nach 25 Stunden wurden große Mengen von isolierten Kartoffelzellen wiedergefunden.

Versuch XVI.

Kaninchen, 1500 g.

Versuchsanordnung: Es wurde (4 Stunden post exitum des Tieres an Pneumonie) eine Blinddarmschlinge abgebunden und nach Injektion von 0,3 g Kartoffelzellen, welche in aq. dest. aufgeschwemmt waren, in einem mit vorher durch mehrstündiges Stehen im Brütofen erwärmter Ringer'scher Lösung gefüllten Becherglas in den Brütofen gebracht.

Ergebnis: Nach 53 Stunden wurden große Mengen von isolierten Kartoffelzellen sowie Stärkekörnern wiedergefunden.

Ich habe ferner versucht durch Hinzufügen eines Antiseptikum die Bakterien innerhalb des normalen Darmes zu schädigen.

Versuch XVII.

Kaninchen, 2000 g.

Versuchsanordnung: Es wurden zwei nebeneinander gelegene Blinddarmschlingen abgebunden: in die mehr nach dem Processus vermiformis hin gelegene Schlinge wurden 0,5 g Kartoffelzellen, welche in einer Kalipermanganatlösung (1 : 2000) aufgeschwemmt waren, injiziert, während in die II. Schlinge eine Injektion von 0,5 g Kartoffelzellen, die in aq. dest. aufgeschwemmt waren, erfolgte.

Tötung: nach 49 Stunden.

Sektion: In der mit Kalipermanganatlösung behandelten Darmschlinge wurden relativ viele Hüllen der Kartoffelzellen (?) vorgefunden, während in der II. Schlinge weder Hüllen der Kartoffelzellen, noch die Zellen selbst gefunden werden konnten.

Versuch XVIII.

Kaninchen, 2000 g.

Versuchsanordnung: Es wurden zwei nebeneinander gelegene Blinddarmschlingen abgebunden und in die der

Bauhini'schen Klappe anliegende Schlinge 0,5 g Kartoffelzellen, die in einer Kalipermanganatlösung (1 : 1000) aufgeschwemmt waren, injiziert, während in die II. Schlinge 0,5 g Kartoffelzellen, welche in aq. dest. aufgeschwemmt waren, injiziert wurde.

Tötung des Tieres: 48 Stunden nach den Injektionen.

Sektion: In den beiden Zökalschlingen wurden keine Kartoffelzellen gefunden.

Wenn wir das Ergebnis des Versuches XVII in dem Sinne deuten wollten, daß eine relative Schwächung der Bakterien innerhalb der abgebundenen Blinddarmschlinge durch die Kaliumpermanganatlösung (1 : 2000) und dadurch eine verminderte Ausnutzung der Zellulose stattgefunden habe, so leuchtet es doch nicht ein, warum die Injektion einer zweimal stärker konzentrierten Lösung desselben Desinfizienz keinen Einfluß auf die Verdauung der Zellulose ausgeübt hat. Gegen den Befund beim Versuch XVII ließe sich noch folgendes einwenden: 1. wissen wir noch gar nicht, ob die gefundenen Hüllen gerade von den injizierten Kartoffelzellen herrühren und 2. wenn innerhalb des Blinddarmes nach 48 Stunden noch Zellhüllen sich vorfinden konnten, kann man sich diese Erscheinung vielleicht so erklären, daß wie im Versuch V, so auch hier es sich um alte Zellen mit stark verdickten Wandungen gehandelt hat und letztere sind bekanntlich unverdaulich.

Daß dickere Zelluloseschichten, auch wenn sie unverholzt sind, nicht verdaut werden, stellte zuerst Rathay[1]) und

[1]) Rathay. 2. Jahresbericht der K. K. Realschule im Bezirke Sechshausen bei Wien. Zit nach Schmidt und Strasburger „Die Fäzes d. Menschen", 1910, S. 78.

später genauer Rubner[1]) für die Kleberzellenschicht fest. Ferner hat Knieriem festgestellt, daß das Kaninchen dünne, nicht verholzte Zellulose bis 80% verwerten kann, während nach Zuntz und Ustjanzew dasselbe Tier imstande ist die Zellulose von Heu und Wicken nur bis zu 43% zu verdauen. — Es blieb noch übrig nachzuforschen, ob die Zellulose subcutan verdaut werden kann.

Versuch XIX.

Graues Kaninchen, 2000 g.

Versuchsanordnung: Es wurden unter antiseptischen Bedingungen 0,5 g Kartoffelzellen, welche in steriler 0,78% Kochsalzlösung aufgeschwemmt waren, subcutan in die linke Lumbalgegend eingespritzt.

Die Injektion erfolgte am 5. 9. 1910.

Die Untersuchung wurde am 15. 11. 1910 vorgenommen.

Ergebnis: In einem unter der Haut gelegenen und mit derselben verwachsenen Säckchen wurde eine breiige Masse gefunden, welche eine große Menge von isolierten Kartoffelzellen und Stärkekörnern enthielt.

Versuch XX.

Schwarzes Kaninchen, 1990 g.

Versuchsanordnung: Es wurden 0,5 g Kartoffelzellen, welche in steriler physiologischer Kochsalzlösung aufgeschwemmt waren, unter antiseptischen Bedingungen in die rechte Schulterblattgegend injiziert.

Injektionszeit: 14. 9. 1910.

Untersuchungszeit: 15. 11. 1910.

Ergebnis: wie im Versuch XIX.

---

[1]) Rubner. Zeitschr. f. Biologie, Bd. 19, S. 45 ff. (1883).

Also auch subcutan konnte die injizierte Zellulose (und Stärke) nicht verdaut werden.

Ich bin am Schluß der Betrachtungen über die Verdauung der isolierten Kartoffelzellen beim Kaninchen angelangt.

Eine bemerkenswerte Tatsache ließ sich feststellen:

Die Zelluloseverdauung geht nur innerhalb des mit normalem Inhalt gefüllten und in der Peritonealhöhle in der Kontinuität des Darmes belassenen Zökums und des proximalen Kolonteiles vor sich.

Es ist mir Pflicht und Bedürfnis an dieser Stelle meinem hochverehrten Lehrer Herrn Geheimrat Prof. Dr. Ad. Schmidt, der mir stets als erfahrener Berater zur Seite stand, für die Anregung zu dieser Arbeit, ferner für das reiche Versuchsmaterial und die Hilfsmittel seiner Klinik, die er mir bereitwilligst zur Verfügung gestellt hat, sowie für die stets bereitwillige Unterstützung bei der Ausführung dieser Arbeit herzlichst zu danken.

Auch Herrn Privat-Dozenten Dr. G. Grund schulde ich Dank.

Vita.

Der Verfasser dieser Arbeit Haim Herman Altkaufer, jüdischer Konfession, wurde am 13. September 1886, als Sohn des Kaufmannes David Altkaufer und seiner Gemahlin Cäcilie, geb. Zweihorn, in der Stadt Warschau geboren. Den ersten Unterricht erhielt er in der II. jüdischen Gemeindeschule seiner Vaterstadt (Leiter: A. Schweitzer). 1901 trat er in die von A. Ubysch geleitete Warschauer Kommerzschule ein, die er Juni 1904 absolvierte. Bei dieser Gelegenheit wurde Verf. mit der Silbernen Preismedaille ausgezeichnet. 1905 bestand er die Ergänzungsprüfung in der lateinischen Sprache beim IV. Warschauer männlichen Gymnasium. Am 27. Oktober 1905 wurde er bei der medizinischen Fakultät der Universität Gießen immatrikuliert. Er studierte sodann in Gießen bis Ende des S.-S. 1907, daraufhin seit dem W.-S. 1907/8 bis Ende des W.-S. 1909/10 in Bonn und während des Sommersemesters 1910 in Halle.

Seine akademischen Lehrer waren: Strahl, Frank, R. Sommer K. Groos, Hansen, Spengel, Naumann, König, Kossel, Henneberg und Dannemann in Gießen; Eduard Pflüger†, E. Strasburger, Anschütz, H. Kayser, Binz, Bonnet, Ribbert, Leo, Garrè, Fritsch, Schultze, Doutrelepont, Kuhnt, Finkler, Nußbaum, Bachem, Reichenbach, Ungar,

Westphal, Walb, J. Strasburger, Stich, Machol, Grouven, Esser, B. Fischer, Bunge, O. Prüm und Schöndorff in Bonn; Anton, v. Bramann C. Fränkel, Fromme, Harnack, v. Hippel, Mohr, Ad. Schmidt und Veit in Halle.

Verf. arbeitete in der Zeit vom November 1907 bis Juli 1909 im Histologischen Laboratorium des Bonner Anatomischen Instituts (Prof. Bonnet und Schiefferdecker), wo er das Material für eine Arbeit „Ueber die Entwickelung der Groß- und Kleinhirnrinde bei der Katze nach der Geburt“ anfertigte.

Außerdem bekleidete er (August 1909 bis Mai 1910) die studentische Assistentenstelle im Bonner Pharmakologischen Institut (Prof. Leo), wo er Untersuchungen „Ueber den Einfluß des Fibrolysins auf den Fettstoffwechel“ anstellte. Gleichzeitig volontierte er in der Bonner Kinderpoliklinik (Prof. Ungar).

Ferner volontierte er in der Bonner chirurg. Klinik (Prof. Garrè) und in der Hallenser Augenklinik (Prof. v. Hippel).

Das Examen Rigorosum bestand er am 11. Januar 1911 mit dem Prädikat cum laude.